

УДК 628.5:614.8.084

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД

Кольман Т.Я.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Гронь В.А.
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Используемые водные ресурсы Красноярска сосредоточенные в водных объектах, многие из которых испытывают на себе значительное антропогенное воздействие, что приводит к их загрязнению и истощению. Поэтому современное водопользование в нашем городе обязано комплексно решать задачи как по водообеспечению, так и по сохранению среды жизнедеятельности населения и среды обитания живых организмов в рамках сохранения биологического разнообразия.

Прежде всего основная нагрузка на водные объекты исходит от предприятий металлургической, нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической, целлюлозно-бумажной и пищевой промышленности. в результате их деятельности образуется большое количество сточных вод, загрязненных различными примесями.

Бытовые и производственные сточные воды содержат значительные количества органических веществ, способных быстро гнить и служить питательной средой, обуславливающей возможность массового развития различных микроорганизмов, в том числе патогенных бактерий; некоторые из производственных сточных вод содержат токсичные примеси, способные оказать пагубное действие на живые организмы. Все это представляет серьезную угрозу для населения и по санитарным нормам требует необходимость очистки этих вод на очистных сооружениях.

В настоящей работе рассматриваются левобережные очистные сооружения г. Красноярска (ЛОС) осуществляющие прием сточных вод от населения и промышленных предприятий, расположенных на левом берегу р. Енисей, содержащие в своем составе взвешенные вещества, нефтепродукты, фториды, ионы цветных металлов, сульфаты, хлориды, различные вирусы (гепатиты, ротавирусы) бактерии (сальмонеллы, туберкулезная палочка) и т.д. Основными предприятиями-потребителями услуг водоотведения ЛОС являются ОАО «РУСАЛ-Красноярск» (в объеме 1471 тыс. м³/год) и другие предприятия промышленного комплекса (ТЭЦ-3, ОАО «КРАМЗ») в объеме 21511 тыс. м³/год.

Левобережные Очистные Сооружения – это очистная станция, представляющая собой комплекс сооружений для очистки сточных вод и обработки осадков. Удаление загрязнений из сточных вод достигается с помощью механических (усреднения, отстаивания, нефтеулавливания), физико-химических (флотации) и биохимических методов очистки воды. Заключительным этапом обработки сточных вод перед сбросом в открытый водоем обычно является обеззараживание.

На сегодняшний день из технологической схемы выведено обеззараживание очищенных сточных вод жидким хлором и обработка осадка в метантенках. Местом выпуска очищенных стоков является река Енисей, с составом сточных вод превышающих нормативы.

Основной целью выполнения данной работы является выбор наиболее эффективного и экологически безопасного метода обеззараживания очищенных сточных вод на ЛОС г. Красноярска.

Проблема обеззараживания сточных вод на сегодняшний день является актуальной.

В работе рассмотрены имеющиеся различные методы обеззараживания воды, которые производятся:

- **химическими веществами (реагентами):** хлором, озоном, йодом, а также ионами тяжелых металлов;
- **физическими методами (безреагентные):** кипячением, УФ-облучение.

Основным способом дезинфекции сточных вод, применяемым во всем мире является хлорирование.

Сегодня хлор – единственный дезинфектант, обладающий эффектом последействия. Одновременно с обеззараживанием воды протекают реакции окисления органических соединений, при которых в воде образуются хлорорганические соединения, обладающие высокой токсичностью, мутагенностью и канцерогенностью, что по риску опасности для населения и биоценоза во много раз превышает эпидемическую опасность. При отведении хлорированных сточных вод в водоём поступают значительные концентрации хлора. В результате может иметь место гибель водных биоценозов и практически полное прекращение процессов самоочищения, в том числе и от патогенной микрофлоры. Необходимо учитывать также попадание в водоём хлорустойчивых штаммов как индикаторных, так и патогенных микроорганизмов.

Хлорорганические соединения способны аккумулироваться в донных отложениях, тканях гидробионтов и, в конечном счете, по трофическим цепям попадать в организм человека. Содержание хлорированных углеводов в рыбе, водорослях и планктоне находится в тесной корреляции с содержанием их в донных отложениях.

Возникают существенные технические сложности при транспортировании, хранении и использовании хлор – газа. Необходимо соблюдение специальных мер по обеспечению безопасности обслуживающего персонала, окружающей природной среды и населения. Запасы жидкого хлора на хлорных складах систем водоснабжения и канализации, зачастую размещенных в пределах селитебной застройки, представляют потенциальную опасность в плане возможности возникновения чрезвычайных аварийных ситуаций.

Особую опасность представляют хлорные хозяйства больших городов и крупных промышленных предприятий, на которых сосредоточены большие запасы жидкого хлора. Наличие больших хлорных хозяйств также открывает возможность для организации террористических актов. В связи с этим в последние годы разработаны и утверждены нормативные документы, существенно ужесточающие требования, относящиеся к процессам, связанным с применением хлора.

Принятые в 1999 году новые нормативы Госгортехнадзора России ИБ 09-322- 99 «Правила безопасности при производстве, хранении, транспортировке и применении хлора» ещё более повышают требования к безопасности хлорных хозяйств, усложняют их эксплуатацию и требуют дорогостоящей реконструкции.

Одним из наиболее эффективных методов доочистки и обеззараживания сточных вод является озонирование.

Озонирование воды широко применяется за рубежом. Основателем технологии озонирования воды является Франция, которая в 1997 г. отмечала столетие эффективного использования озона при подготовке питьевой воды и начала промышленного выпуска озонаторного оборудования.

В России и странах СНГ, начиная с 1976 по 1978 г., озонирование применяется лишь на крупных водопроводных станциях Москвы, Киева, Минска и Нижнего Новгорода с использованием оборудования французской фирмы “Трейлигаз”.

Дезинфекция воды озоном идет во много раз быстрее, чем хлором. Однако главное направление использования озона - улучшение качества очистки питьевых и сточных вод путем окисления содержащихся в них органических и минеральных веществ (фенола, нефтепродуктов, пестицидов, сероводорода, железа, марганца, СПАВ и др.)[5,21].

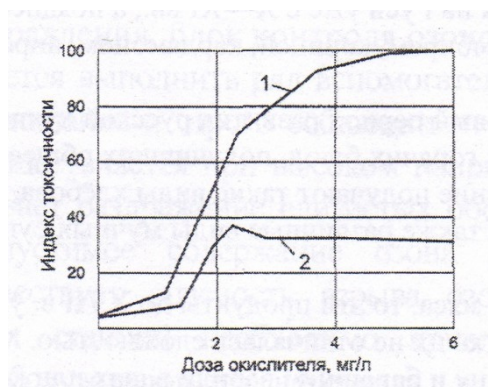
Интерес к применению озона для обработки сточных вод возник в последние годы в связи с его потенциально меньшей опасностью для водоема - приемника.

Исследования, проведенные ВНИИ ВОДГЕО, также показали, что озонирование является одним из эффективных методов подготовки биохимически очищенных сточных вод к повторному использованию в открытых системах технического водоснабжения.

В работах отмечается, что необходимая доза озона для обеззараживания сточных вод зависит от содержания в них органических веществ, реакционной способности их окисляться, исходного значения коли-индекса, pH и температуры воды. При всех этих условиях доза озона тем меньше, чем больше ступеней очистки прошла сточная вода.

Было установлено, что чем выше остаточное содержание озона в сточной воде, тем меньше в ней содержится микроорганизмов. Однако последние данные указывают на вторичное загрязнение биологически очищенных сточных вод продуктами постозонирования. Поэтому одним из критериев безопасности применения озонирования для обеззараживания является идентификация продуктов трансформации с точки зрения оценки токсичности и опасности сточных вод, поступающих в водный объект.

Токсичность воды, помимо перманганатной окисляемости, концентрации остаточного алюминия и других факторов, определяется наличием в воде побочных продуктов окисления загрязнений озоном и хлором, а также уменьшается с повышением глубины очистки воды от органических соединений, определяемых показателями цветности и перманганатной окисляемости. При использовании хлора для обеззараживания вода более токсична, чем при обработке озоном рисунок 1.



1 – влияние хлора; 2 – влияние озона.

Рис. 1. Влияние дозы и вида окислителя на токсичность воды

Однако при очистке воды может проявляться специфический характер действия озона, оказывающий отрицательное влияние на качество очищенной воды:

- при озонировании сточных вод существует достаточно узкий диапазон оптимальных значений доз озона;
- кроме того, при озонировании воды образуются побочные продукты деструкции органических загрязнений.
- при обработке цветной воды в некоторых случаях отмечается увеличение концентрации фенолов даже при их отсутствии в водоисточнике;
- озон не может быть использован в качестве единственного обеззараживающего реагента, так как он не обладает длительным бактерицидным действием;
- введение в технологию водоподготовки одного озонирования не всегда позволяет решить поставленную задачу повышения эффективности очистки воды.

При этом следует иметь в виду, что метод озонирования, в отличие от хлорирования, технически сложен и для его реализации необходимо выполнение ряда последовательных технологических операций: очистка воздуха, его охлаждение и сушка, синтез озона, смешение озono-воздушной смеси с обрабатываемой сточной водой, отвод и деструкция остаточной озono-воздушной смеси.

Кроме того, требуется выполнить ряд вспомогательных процессов, осуществлять квалифицированное обслуживание и строго соблюдать технику безопасности, поскольку процесс синтеза озона осуществляется при высоком напряжении (10-15 кВ). Озон более токсичен, чем хлор, вызывает раздражение слизистых оболочек глаз и поражает органы дыхания. Предельно допустимое содержание озона в воздухе производственных помещений $0,1 \text{ г/м}^3$. Существует опасность взрыва озono-воздушной смеси. При эксплуатации озонаторных станций необходимо привлечение большого количества специально обученного обслуживающего персонала, в том числе для эксплуатации высоковольтного электрооборудования. Обязательно соблюдение строгих мер безопасности на рабочих местах.

Повышенное внимание должно уделяться качественной деструкции остаточной озono-воздушной смеси, отсасываемой из контактной камеры, обеспечивая тем самым исключение возможности негативного влияния на окружающую среду и необходимую экологическую безопасность.

По сравнению с хлорированием сточных вод объективно наиболее дорогостоящим является метод озонирования. Это относится в равной степени как к стоимости строительства и оборудования, так и к эксплуатационным расходам.

Из **физических способов обеззараживания питьевой воды** наибольшее распространение получило обеззараживание воды **ультрафиолетовыми лучами**, бактерицидные свойства которых обусловлены действием на клеточный обмен и особенно на ферментные системы бактериальной клетки. Ультрафиолетовые лучи уничтожают не только вегетативные, но и споровые формы бактерий, и не изменяют органолептических свойств воды. Важно отметить, что поскольку при УФ-облучении не образуются токсичные продукты, то не существует верхнего порога дозы. Увеличением дозы УФ-излучения почти всегда можно добиться желаемого уровня обеззараживания.

Основным недостатком метода является полное отсутствие последствия.

Метод ультрафиолетового обеззараживания имеет следующие преимущества по отношению к окислительным обеззараживающим методам (хлорирование, озонирование):

- УФ – облучение летально для большинства водных бактерий, вирусов, спор и простозоа. Оно уничтожает возбудителей таких инфекционных болезней, как тиф, холера, дизентерия, вирусный гепатит, полиомиелит и др.

- обеззараживание ультрафиолетом происходит за счет фотохимических реакций внутри микроорганизмов, поэтому на его эффективность изменение характеристик воды оказывает, намного меньшее влияние, чем при обеззараживании химическими реагентами. В частности, на воздействие ультрафиолетового излучения на микроорганизмы не влияют рН и температура воды;

- в обработанной ультрафиолетовым излучением воде не обнаруживаются токсичные и мутагенные соединения, оказывающие негативное влияние на биоценоз водоемов;

- в отличие от окислительных технологий в случае передозировки, повышение дозы не приводит к гигиенически значимым неблагоприятным изменениям свойств воды и образованию побочных продуктов, отсутствуют отрицательные эффекты. Это позволяет значительно упростить контроль за процессом обеззараживания и не проводить анализы на определение содержания в воде остаточной концентрации дезинфектанта;

- время обеззараживания при УФ-облучении составляет 1-10 секунд в проточном режиме, поэтому отсутствует необходимость в создании контактных емкостей;

- достижения последних лет в светотехнике и электротехнике позволяют обеспечить высокую степень надежности УФ комплексов. Современные УФ лампы и пуско-регулирующая аппаратура к ним выпускаются серийно, имеют высокий эксплуатационный ресурс;

- для обеззараживания ультрафиолетовым излучением характерны более низкие, чем при хлорировании и, тем более, озонировании эксплуатационные расходы;

- отсутствует необходимость создания складов токсичных хлорсодержащих реагентов, требующих соблюдения специальных мер технической и экологической безопасности, что повышает надежность систем водоснабжения и канализации в целом;

- ультрафиолетовое оборудование компактно, требует минимальных площадей, его внедрение возможно в действующие технологические процессы очистных сооружений без их остановки, с минимальными объемами строительно-монтажных работ;

- в существующих нормативных документах допускается применение ультрафиолетового излучения для воды с показателями качества сточных вод: взвешенных веществ – до 10 мг/л; ХПК – до 50 мг/л;

- конструкция большинства современных установок для ультрафиолетового облучения воды основана на применении полностью погруженных в поток воды источников излучения;

- в случае ухудшения эпидемической ситуации, возникновения угрозы появления в источнике водоснабжения высокой концентрации энтеровирусов либо другой чрезвычайной ситуации, доза УФ-облучения может быть увеличена за счет снижения объема обрабатываемой воды, проходящее через единицу времени через УФ – оборудование путем включения в работу резервного оборудования или снижения общего расхода воды. Доза УФ-облучения находится в прямой зависимости от расхода обрабатываемой воды.

Выводы: Из рассмотренных трёх реально применяемых методов обеззараживания сточных вод в России УФ обеззараживание имеет преимущество как перед хлорированием, так и, особенно, перед озонированием.

На основе проведённого анализа методов обеззараживания сточных вод, а также опыта применения УФ – обеззараживания на различных станциях очистки сточных вод, данной работой рекомендуется УФ – обеззараживание сточных вод.

Обеспечение прямого положительного природоохранного эффекта для бассейна реки Енисей подразумевает, что реализация рекомендуемого проекта приведет к определенному и поддающемуся количественной оценке снижению объемов поступления загрязнения в реку Енисей или уменьшению концентраций загрязняющих веществ в сточных водах после очистки.